

COPY



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 01 405 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 03 D 11/04
F 04 F 5/54

⑳ Aktenzeichen: 101 01 405.8
㉔ Anmeldetag: 13. 1. 2001
㉓ Offenlegungstag: 18. 7. 2002

DE 101 01 405 A 1

⑦① Anmelder:
Briese, Remmer, Dipl.-Ing., 26789 Leer, DE

⑦④ Vertreter:
Karnthaler-Schmidt, S., Dipl.-Min., Pat.-Anw., 45133
Essen

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Off-Shore-Windkraftanlage

DE 101 01 405 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Off-Shore-Windkraftanlage mit einem auf einem Turm angeordnetem Rotor mit einem unterhalb des Turmes angeordneten Pfeiler, wobei der Pfeiler mit einem Stahlrahmen verbunden ist, bestehend aus drei Beinen und die Beine verbindenden Beinverstreben und Traversen zwischen Pfeilerfuß und Bein.

[0002] Es ist bekannt, Off-Shore-Windkraftanlagen zu installieren, in dem in der Nähe der anvisierten Standorte auf Trockendocks Senkkästen aus armiertem Beton gebaut werden und diese anschließend schwimmend auf ihre endgültige Position ins Meer hinausgezogen werden. Dort werden sie mit Sand und Kies gefüllt, um ihnen das erforderliche Gewicht zu verleihen. Sind sie installiert, so wird der ebenfalls per Lastschiff beförderte Turm mit Windkonverter auf dem Fundament fixiert. Die Windkraftanlage ist nun betriebsbereit. Nachteilig an dieser Methode sind die hohen Kosten für die Fertigstellung des Fundamentes. Diese erhöhen sich darüber hinaus je nach Wassertiefe. Die Kosten sind ungefähr proportional zum Quadrat der Wassertiefe. Bei Wassertiefen zwischen 2,5 und 7,5 m hat jedes Betonfundament ein durchschnittliches Gewicht von rund 1050 t und verursachen so enorme Herstellungs-, Transport- und Installationskosten. Die Kosten für die Installation bei Wassertiefen von mehr als 10 m explodieren.

[0003] Es ist bekannt, Schwerkraftfundamente einzusetzen. Anstelle von armiertem Beton wird ein zylindrisches Stahlrohr verwandt, das auf einem flachen Stahlkasten ins Seebett gesetzt wird. Ein Schwerkraftfundament aus Stahl ist um einiges leichter als ein Betonfundament. Die Stahlkonstruktion wiegt bei Wassertiefen zwischen 4 und 10 m nur 80 bis 100 t.

[0004] Das relativ geringe Gewicht ermöglicht es, daß für den Transport Lastkähne eingesetzt werden können, die sehr schnell viele Fundamente installieren können. An Ort und Stelle wird das Fundament mit Olivin gefüllt, das dem Fundament genügend Gewicht verleiht, um die Windkraftanlage zu stabilisieren. Das fertige Fundament wiegt ebenfalls 1000 t. Nachteilig ist, daß eine aufwendige Verfüllung vor Ort, d. h. im Wasser erfolgen muß. Außerdem muß das Seebett um das Fundament herum gegen Erosion geschützt werden, in dem Felsbrocken am Rand der Fundamentbasis aufgereiht werden. In Gegenden mit signifikanter Erosion steigen dadurch die Kosten für ein Fundament dieses Typs kräftig an.

[0005] Es ist bekannt, ein Fundament mit einer dreibeinigen Stahlrohrrahmenkonstruktion einzusetzen. Das Fundament besteht aus einem mittigen Pfeiler, drei Beinen und die Beine verbindenden Beinverstreben und Traversen zwischen Pfeilerfuß und Bein.

[0006] Die Windkraftanlage wird wie folgt installiert: Der Turm mit Rotor und Generatorhaus wird separat zum Aufstellungsort transportiert. Das Fundament und drei Verankerungspfeiler werden ebenfalls als Einzelteil zum Aufstellungsort verbracht. Am Ort selbst müssen die drei Verankerungspfeile auf dem Meeresgrund montiert werden. Danach wird das Dreibeinfundament mit Hilfe von Tauchern so positioniert, daß es an den Verankerungspfeilen befestigt werden kann. Dann wird der Turm auf dem Pfeiler aufgeschraubt. Der Knotenpunkt des Fundamentes liegt an der Wasseroberfläche. Die Deinstallation der Anlage ist genauso aufwendig, zumeist verbleiben die Verankerungspfeiler im Meeresgrund, da ihr Entfernen zu aufwendig ist.

[0007] Nachteilig an dieser Konstruktion ist, daß Turm und Fundament getrennt transportiert und separate Verankerungspfeiler installiert werden müssen und, daß das Fundament als solches aufwendig mit Hilfe von Tauchern auf dem

Meeresgrund verankert werden muß. Erst dann kann die Installation des Turmes auf dem Fundament erfolgen. Hierzu sind schwere Geräte nötig, was Kosten verursacht und es erwächst auch eine Gefahr für die Installation bei rauher See.

[0008] Da der Knotenpunkt des Fundamentes an der Wasseroberfläche liegt, ergibt sich eine zusätzliche Angriffsfläche für Wind und Seegang, außerdem ist ein kathodischer Korrosionsschutz nicht möglich. Außerdem haben Wartungsschiffe wegen des Stahlrohrrahmens (dieser liegt ja direkt unter der Wasseroberfläche) Probleme, an die Anlage heranzukommen. Dies ist auch der Grund, daß Dreibeinfundamente für Wassertiefen von weniger als 6 bis 7 m nicht geeignet sind.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, gattungsgemäße Windkraftanlagen so zu verbessern, daß sie einfacher und kostengünstiger herstellbar, transportierbar, installierbar und haltbarer sind.

[0010] Die Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, daß an den Enden der Beine des Stahlrahmens einzeln zu betätigende Verankerungsvorrichtungen angeordnet sind. Die erfindungsgemäße Anlage erlaubt den Bau und die komplette Montage im Trockendock. Die Verschleppung auf See positioniert erfolgt im Ganzen ohne den Einsatz von Spezialfahrzeugen und ohne Kräne. Das Schleppschiff muß nicht die ganze Last tragen, da das Fundament der Anlage auf dem Wasser aufschwimmt und vom Schiff hinterhergezogen werden kann. Die Verankerungsvorrichtung ist gleichzeitig in der Lage, wahlweise als Auftriebskörper und als Absenkkörper zu wirken. Die Installation auf See positioniert ist einfach und erfolgt nahezu selbständig. Ohne Einsatz von Tauchern saugen sich die an den Beinen des Fundamentes angebrachten Verankerungsvorrichtungen in den Seegrund fest. Die Verankerungsvorrichtungen sind separat ansprechbar und können unterschiedlich tief im Boden versenkt bzw. justiert werden. So kann die Anlage optimal gerade ausgerichtet werden, auch bei unebenem Untergrund. Der Knotenpunkt des Fundamentes liegt 5 m unter der Wasseroberfläche, so ist ein kathodischer Korrosionsschutz des Fundamentes möglich. Auch Wartungsschiffe kommen problemlos an die Anlage heran. Die Demontage der Anlage ist genauso einfach wie die Installation und es verbleiben keine Restteile auf dem Meeresgrund. Die Demontage und der Transport der Anlage ist so einfach, daß die Anlage sogar zu Wartungs- und Reparaturzwecken in den Hafen geschleppt werden kann.

[0011] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung besteht der Turm und der Pfeiler aus einem Stück. So kann die aufwendige Verschraubung von Turm und Pfeiler auf hoher See vermieden und der Transport mit nur einem Schleppschiff vollzogen werden.

[0012] Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung weist jede Verankerungsvorrichtung eine nach unten offene Kammer auf, an die eine Saugpumpe angeschlossen ist. So ist es möglich, unter Wasser Unterdruckverhältnisse in der Kammer zu erzeugen. Die Kammer wird durch den hydrostatischen Wasserdruck in den Grund gepreßt und kann mit dem mehrfachen Fußgewicht nach oben belastet werden, da die Verankerungsvorrichtung über die offene Kammer am Grund festgesogen ist.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist jede Verankerungsvorrichtung eine geschlossene Kammer auf, welche über ein Schott von der offenen Kammer getrennt ist, wobei die geschlossene Kammer wahlweise mit Luft zu füllen oder mit Wasser zu fluten ist. So ist sichergestellt, daß die geschlossene Kammer der Verankerungsvorrichtung wahlweise als Auftriebskörper für den Transport und als Absenkkörper für die Installation auf See positioniert fungieren kann.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung verbinden in den Traversen angeordnete Ansaugleitungen die Saugpumpe mit der Kammer zum Erzeugen eines Vakuums. So wird ermöglicht, daß in der offenen Kammer ein Unterdruck erzeugt werden kann mittels dessen die Verankerungsvorrichtung in den Meeresboden festgesogen wird.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist zum Erzeugen eines Vakuums in einer Kammer 12 eine Ejektoreinheit installiert, bestehend aus Ejektordruckleitung, Ejektor und Ejektorsaugleitung.

[0016] Auch durch dieses System ist sichergestellt, daß in der offenen Kammer wunschgemäß ein Unterdruck erzeugt werden kann, um so eine sichere Installation der Anlage zu erreichen.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist jede Leitung über ein Ventil verschließbar. So ist sichergestellt, daß jede Verankerungsvorrichtung getrennt betätigbar ist und unterschiedlicher Unterdruck erzeugbar ist, so daß die Verankerungsvorrichtung unterschiedlich tief in den Meeresgrund versenkt werden kann.

[0018] So ist ein Justieren bzw. ein Ausrichten des gesamten Fundamentes möglich, so daß die Anlage gerade steht.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist eine Druckpumpe zum Einleiten von Druckmedium in die Verankerungsvorrichtung anschließbar, wobei das Druckmedium über Druckleitungen in die Kammern einleitbar ist und die Druckleitungen in den Beinen angeordnet sind, wobei eine Druckleitung Druckmedium in die geschlossene Kammer leitet und eine Druckleitung Druckmedium in die offene Kammer leitet. Durch dieses System kann die geschlossene Kammer wahlweise mit unterschiedlichen Druckmedien gefüllt werden und so die gewünschten Eigenschaften wie Auftrieb, Gewicht, Kippstabilität erhalten. Durch Einleiten von Druckmedium in die offene Kammer kann bewirkt werden, daß, wenn gewünscht, aufgebauter Saugdruck abgebaut wird und die gesamte Verankerungsvorrichtung nicht mehr am Boden haftet, sondern sich zu lösen beginnt.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist das Druckmedium Wasser. Für die Installation der Anlage auf Seeposition wird Wasser in die geschlossene Kammer gefüllt, so daß das Gewicht der Kammer zunimmt und das Fundament beginnt im Wasser abzutauchen. Für die Deinstallation wird Wasser in die offene Kammer der am Boden festgesaugten Verankerungsvorrichtung gepumpt. So kommt es zu einer Aufhebung des Saugdruckes und zu einem Loslösen der gesamten Verankerungsvorrichtung.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist das Druckmedium Wasser mit Festballast, wobei der Festballast schwere Mineralien wie Olivin sind. So kann eine zusätzliche Gewichtserhöhung erreicht werden und das Fundament wird zusätzlich stabilisiert.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist das Druckmedium Luft. So kann, wenn gewünscht, die geschlossene Kammer als Auftriebskörper eingesetzt werden.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist jede Druckleitung Anschlußstücke zum Anschließen der Druckpumpe auf, wobei die Druckpumpe eine extern anschließbare Pumpe ist. Dies ermöglicht den Einsatz der Druckpumpe nur zum Zeitpunkt des Bedarfs, nämlich während der Installation. Ist die Installation abgeschlossen, so kann die teure Pumpe vom Schleppschiff mitgenommen und anderweitig weiter verwendet werden.

[0024] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist jedes Anschlußstück unmittelbar unterhalb des Rotors angeordnet. Der möglichst große Abstand Pumpe-Pum-

port, erhöht die Effizienz der Pumpe. Außerdem kann sie schlechter von Spritzwasser erreicht werden und Schäden nehmen.

[0025] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist in der horizontalen Achse von Turm/Pfeiler eine Manschette zum wahlweisen Fixieren und geführten Gleiten des Turmes angeordnet. So ist sichergestellt, daß der Turm der Windkraftanlage sicher auf dem Schleppschiff liegt und nicht verrutscht und die Entlastung aufgrund des hinteren schwimmenden Teils der Anlage, also des Fundamentes, optimal genutzt werden kann. Soll die Windkraftanlage am Zielort, also auf Seeposition, installiert werden, so kann die Fixierung der Manschette gelöst werden, so daß der Turm geführt ins Wasser gleiten kann. So wird ein unkontrolliertes Abkippen der Anlage verhindert.

[0026] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Manschette durch eine Haltevorrichtung, bestehend aus Stützen und Hilfsstützen, gehalten. So ist sichergestellt, daß die Manschette auch wirklich die entsprechende Lagestabilität aufweist, wahlweise den Turm zu fixieren und damit festzuhalten oder aber ein geführtes Gleiten zuzulassen.

[0027] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden näher beschrieben und ist in den Zeichnungen dargestellt, und zwar zeigt:

[0028] Fig. 1a: Eine Draufsicht auf eine installierte Anlage,

[0029] Fig. 1b: einen Schnitt gemäß Schnittlinien A-A aus Fig. 1a

[0030] Fig. 2: eine Ansicht der Anlage in Transportposition,

[0031] Fig. 3: einen Schnitt gemäß Schnittlinien A-A aus Fig. 2

[0032] Fig. 4: eine Ansicht der Anlage beim Absenken auf Seeposition.

[0033] Die erfindungsgemäße Off-Shore-Windkraftanlage 1 ist für Wassertiefen bis zu 50 m geeignet, siehe Fig. 1a. Der günstigste Bereich liegt bei 25 bis 50 m Wassertiefe. Besonders geeignet ist ein Terrain mit Sandboden, wie z. B. die Nordsee.

[0034] Die Anlage weist einen Turm 2 auf, an dessen oberem Ende ein Rotor 3 mit Rotornabe 4 und Generatorhaus 5 angeordnet ist. Der Turm 2 geht einstückig in einen Mittelpfeiler 6 eines Fundamentes 21 über. Das Fundament 21 besteht aus einer Stahlrahmenkonstruktion, bei der drei Beine 7 im Abstand von 120° am Pfeiler 6 angeordnet sind und im Winkel von ca. 45 bis 50° sich vom Pfeiler 6 abspreizen und in Richtung Pfeilerfuß 22 verlaufen, siehe Fig. 1b. Die Stelle, an der sich die Beine 7 vom Pfeiler 6 wegspreizen, ist der Knotenpunkt 29 des Fundamentes 21. Die unteren Enden der Beine 7 und der Pfeilerfuß 22 sind über Traversen 8 miteinander verbunden. Die Beine untereinander sind über Beinverstrebenungen 30 verbunden. Die Beinverstrebenungen 30 bestehen vorzugsweise aus Draht. An den Verbindungsstellen von Bein 7 mit Traverse 8 sind auswärts gerichtete einzeln zu betätigende Verankerungsvorrichtungen 9 angeordnet.

[0035] Die Verankerungsvorrichtung 9 ist ein zylindrisches Gehäuse, welches als geteilte Kammer ausgebildet ist. Die obere Kammer 10 ist geschlossen und über ein Schott 11 von einer nach unten offenen Kammer 12 abgetrennt. Vorzugsweise ist die Kammer 10 mit der vom Fundament 21 abgewandten Seite im Winkel von 45° über ca. die Hälfte ihrer Höhe abgeschrägt. Die geschlossene Kammer 10 kann wahlweise mit Luft gefüllt oder mit Wasser geflutet und/oder mit Festballast befüllt werden.

[0036] Im Pfeilerfuß 22 ist eine Saugpumpe 20 angeordnet mit Ansaugleitungen 23, welche in den hohlen Traversen

8 geführt sind. Jede Leitung ist über ein Ventil 19 verschließbar. Die Leitungen 23 gehen durch das Schott 11 in die Kammern 12. Die Saugpumpe 20 kann jede Kammer 12 getrennt ansprechen. Üblicherweise wird zusätzlich eine Redundanzpumpe installiert.

[0037] Alternativ kann die Saugpumpeneinheit auch ersetzt werden durch eine Ejektoreinheit, besteht aus Ejektor-druckleitung, Ejektor und Ejektorsaugleitung.

[0038] Im Turminnen 2 und dann weiter durch den Pfeiler 6 und durch die Beine 7 hin zu den Kammern 10 sind Druckleitungen 24a, b gelegt. Jede Leitung 24 ist von außen über ein Anschlußstück 27 für eine externe Pumpe 28 zugänglich. Die Druckleitung 24 a endet in der Kammer 10 und die Druckleitung 24b geht durch das Schott 11 in die Kammer 12. Über die Leitungen 24a ist Druckmedium wie Wasser, Luft und Festballast in jede geschlossene Kammer 10 einleitbar. Über die Leitung 24b ist Wasser in die Kammer 12 einleitbar.

[0039] Das Anschlußstück 27 für das Anschließen von Pumpe 28 liegt oberhalb des Fundamentes 21. Es liegt oberhalb der Wasserlinie bei Flut.

[0040] Ein Seekabel 18 ist im Turm 2 bzw. im Pfeiler 6 vorinstalliert.

[0041] Für den Transport wird die Windkraftanlage 1 mit Fundament 21 verschifft. Der Transport erfolgt in horizontaler Lage. Hierzu wird der obere Teil der Windkraftanlage 1, also der Turm 2 mit Rotor 3 etc. auf ein Schleppschiff bzw. Ponton aufgelegt, wobei der Fundamentteil 21 so im Wasser liegt, daß ein Bein 7 mit Verankerungsvorrichtung 9 aus dem Wasser herausragt und das Fundament 21 auf den zwei verbleibenden Verankerungsvorrichtungen 9 schwimmt bzw. schwimmend getragen wird. Für den Transport sind die geschlossenen Kammern 10 leer, so daß sie als Auftriebskörper fungieren und maximalen Auftrieb erzeugen. Es kann von Vorteil sein, vor dem Transport geringe Mengen Festballast in den Auftriebskörper zu geben.

[0042] Die Schwimmfähigkeit des Fundamentes darf jedoch nicht gefährdet werden, denn während des Transportes wird das Fundament 21 der Windkraftanlage 1 schwimmend hinter dem Schleppschiff hergezogen.

[0043] Auf dem Schiff wird der Turm 2 von einer Transport- bzw. Haltevorrichtung 13 gehalten. Die Haltevorrichtung 13 ist eine Art Lagerbock bestehend aus senkrecht auf dem Schiff montierten Stützen 14 und diese abstützende Hilfsstützen 17, siehe Fig. 2.

[0044] Zwischen den Stützen 14 ist eine Aufhängung 15, z. B. aus einem festen Stahlseil, angeordnet. In der Mitte der Aufhängung 15 ist eine Manschette 16 angeordnet, die um den Turm 2 herumlegbar ist. Sie kann mit Gummi oder mit Rollen versehen sein, siehe Fig. 3.

[0045] Die Manschette 16 ist für den Transport fixierbar, so daß die Anlage 1 sicher gehalten wird. Vorzugsweise ist die Manschette im Bereich der horizontalen Achse von Turm 2 und Pfeiler 6 angeordnet. Möglichst an der Stelle, wo sich das Gewicht des vorderen Teils der Anlage ausgleicht mit dem Gewicht des hinteren Teils der Anlage, also mit dem Gewicht des schwimmenden Fundamentes 21.

[0046] Die Fixierung kann gelöst werden, so daß die Manschette 16 achsial bewegbar ist, und zwar auf einer Strecke beginnend unterhalb des Generatorhauses 5 bis hin zur Wasserlinie.

[0047] Ein Transport der Anlage, bei dem die Anlage insgesamt auf dem Ponton aufliegt, ist auch möglich.

[0048] Für die Installation vor Ort wird aus den Kammern 10 Luft heraus und über die Leitungen 24a Wasser hereingelassen, so daß sich die Kammern 10 langsam mit Wasser füllen, siehe Fig. 4. Die Manschette 16 ist zu lösen. Mit zunehmenden Gewicht der Kammer 10 taucht das Fundament 21

allmählich ins Wasser ab. Das Gewicht in Kammer 10 kann durch Zugabe von Festballast über die Leitung 24a erhöht werden. Die Manschette 16 ist am Kipp- bzw. Drehpunkt der Anlage angeordnet und gibt nun aufgrund ihrer Freigabe und des zunehmenden Gewichts des Fundamentes 21 sich nach oben bewegend nach.

[0049] Die Manschette 16 führt den Turm 2 achsial und läßt ein geführtes langsames Aufrichten des Turmes zu und läßt die Anlage um den Drehpunkt nach unten verkippen. Mit zunehmenden Absinken des Fundamentes 21 unter das Schiff 26, richtet sich der Turm 2 auf. Die Manschette 16 hält den Turm 2 nachgiebig auch in vertikaler Position.

[0050] Der Meeresgrund sollte so tief liegen, daß, wenn das Fundament 21 der Anlage 1 auf dem Grund angekommen ist, der Knotenpunkt 29 des Fundamentes 21 ca. 5 m unter der Wasseroberfläche liegt. So ist auch ein kathodischer Korrosionsschutz möglich.

[0051] Haben die drei Verankerungsvorrichtungen 9 Bodenkontakt, so wird über die Saugpumpe 20 aus den Kammern 12 das Wasser herausgepumpt, so daß ein Unterdruck entsteht und die Wände der Kammern 12 sich in den Untergrund ein- bzw. festgraben. Das gesamte Fundament 21 saugt sich über die Kammern 12 fest in den Untergrund ein. Jede Kammer 12 wird separat von der Saugpumpe 20 abgepumpt. Hierzu wird eines der drei Ventile 19 geöffnet und die anderen beiden Ventile 19 geschlossen gelassen.

[0052] Die Saugleistung kann unterschiedlich stark dosiert pro Kammer 12 erfolgen, so daß in jeder Kammer 12 ein unterschiedlich starker Unterdruck erzeugt werden kann, mit der Folge, daß die Kammern 12 unterschiedlich tief im Grund verankert und Unebenheiten im Grund ausgeglichen werden können. Der Turm 2 kann immer gerade ausgerichtet werden.

[0053] Wenn es nötig ist, kann Festballast, z. B. schwere Mineralien wie Olivin, durch die Leitungen 24a in die geschlossenen Kammer 10 geleitet werden. So wird das Gewicht von Vorrichtung 9 erhöht. Dies ist möglich bis zur völligen Befüllung der Kammern 10 mit Festballast. So kann je nach Untergrund die Kippsicherheit bzw. das Standvermögen der Anlage 1 erhöht werden.

[0054] Der Installationsvorgang kann bei stürmischer See jederzeit abgebrochen und rückgängig gemacht werden. Hierzu wird das Wasser aus den Kammern 10 über die Leitungen 24a und der Pumpe 28 herausgepumpt und Luft hereingelassen, so daß die Kammern 10 wieder als Auftriebskörper wirken. Auch bei stürmischer See kommt es zu keinem Materialausfall.

[0055] Die Pumpe 20 und die Redundanzpumpe können nach erfolgreicher Installation der Anlage 1 durch den Mittelpfeiler 6 ausgebaut werden. Sollte anstelle einer Saugpumpeneinheit eine Ejektoreinheit installiert worden sein, so ist ein Ausbau nicht sinnvoll.

[0056] Das vorinstallierte Seekabel 18 kann nach erfolgter Installation der Anlage 1 vor Ort vom Transportschiff 26 zu einem Leistungskabelsammelpunkt verlegt werden.

[0057] Für die Deinstallation der Anlage 1 wird ein Schleppschiff an die Anlage 1 herangefahren. Die Manschette 16 ist um den Turm 2 zu legen. Eine Druckpumpe 28 wird über die Anschlußstücke 27 an die Spulleitungen 24a, b angeschlossen. Zuerst wird Wasser durch die Leitungen 24b in die Kammern 12 unter Druck eingepumpt und der Grund am Kammerrand 12 herausgespült.

[0058] Der Unterdruck wird aufgehoben und die Saugwirkung der Kammern 12. Zusätzlich können Explosivladungen angebracht werden, falls der Spülmechanismus versagt. Gleichzeitig werden die Kammern 10 der Verankerungsvorrichtung 9 durch Spülen von evtl. Festballast über Leitungen 24a befreit und das Wasser wird langsam aus den Kammern

10 herausgepumpt und Luft hereingelassen. Die nachlassende Saugwirkung der Kammern 12 und die zunehmende Auftriebswirkung der belüfteten Kammern 10 bewirken ein langsames Lösen des Fundamentes vom Grund.

[0059] Das Schleppschiff bzw. Ponton nimmt den sich neigenden Turm 2 auf. Die Anlage kann nun insgesamt aufgeladen oder aber halb schwimmend transportiert werden. Hierzu wird der Turm 2, sobald er in horizontaler Lage ist, mittels Manschette 16 der Haltevorrichtung 13 fixiert.

[0060] Bei halb schwimmendem Abtransport ist der obere Teil der Anlage horizontal auf dem Schleppschiff 26 fixiert und der untere Teil der Anlage 1, das Fundament 21, schwimmt auf den zwei Verankerungsvorrichtungen 9 auf. So kann das Schleppschiff 26 das Fundament 21 schwimmend hinter sich herziehen.

[0061] Nach der Deinstallation verbleiben keine Reste von Verankerungsteilen auf dem Meeresgrund.

Stückliste

1 Windkraftanlage	20
2 Turm	
3 Rotor	
4 Rotornabe	
5 Generatorhaus	25
6 Mittelpfeiler	
7 Beine des Fundamentes	
8 Traversen	
9 Verankerungsvorrichtung	
10 Geschlossene Kammer	30
11 Schott	
12 Offene Kammer	
13 Haltevorrichtung	
14 Stützen	
15 Halteriemmen/Aufhängung	35
16 Manschette	
17 Hilfsstützen	
18 Seekabel	
19 Ventile	
20 Saugpumpe	40
21 Fundament	
22 Pfeilerfuß	
23 Ansaugleitungen	
24a, b Druckleitungen	
26 Schleppschiff	45
27 Anschlußstück	
28 Druckpumpe	
29 Knotenpunkt	
30 Beinverstrebungen	50

Patentansprüche

1. Off-Shore-Windkraftanlage mit einem auf einen Turm angeordnetem Rotor mit einem unterhalb des Turmes angeordneten Pfeiler, wobei der Pfeiler mit einem Stahlrahmen verbunden ist, bestehend aus drei Beinen und die Beine verbindenden Beinverstrebungen und Traversen zwischen Pfeilerfuß und Bein, **dadurch gekennzeichnet**, daß an den Enden der Beine des Stahlrahmens einzeln zu betätigende Verankerungsvorrichtungen (9) angeordnet sind.

2. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Turm (2) und der Pfeiler (6) aus einem Stück besteht.

3. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jede Verankerungsvorrichtung (9) eine nach unten offene Kammer (12) aufweist, an die eine Saugpumpe (20) angeschlossen ist.

4. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jede Verankerungsvorrichtung (9) eine geschlossene Kammer (10), welche über einen Schott (11) von Kammer (12) getrennt ist, aufweist.

5. Off-Shore-Windkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die geschlossene Kammer (10) wahlweise mit Luft zu füllen oder mit Wasser zu fluten ist.

6. Off-Shore-Windkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Traversen (8) angeordnete Ansaugleitungen (23) die Saugpumpe (20) mit den Kammern (12) verbinden zum Erzeugen eines Vakuums.

7. Off-Shore-Windkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zum Erzeugen eines Vakuums in einer Kammer (12) eine Ejektorereinheit, bestehend aus Ejektordruckleitung, Ejektor und Ejektorsaugleitung installiert ist.

8. Off-Shore-Windkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Leitung (23) über ein Ventil (19) verschließbar ist.

9. Off-Shore-Windkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Druckpumpe (28) zum Einleiten von Druckmedium in die Verankerungsvorrichtung (9) anschließbar ist.

10. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Druckmedium über Druckleitungen (24a, b) in die Kammern (10, 12) der Verankerungsvorrichtung (9) einleitbar ist.

11. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckleitungen (24a, b) in den Beinen (7) angeordnet sind.

12. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckleitung (24a) Druckmedium in die Kammer (10) einleitet.

13. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckleitung (24b) Druckmedium in die Kammer (12) einleitet.

14. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Druckmedium Wasser ist.

15. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Druckmedium Wasser mit Festballast ist.

16. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Festballast schwere Mineralien wie Olivin sind.

17. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Druckmedium Luft ist.

18. Off-Shore-Windkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Druckleitung (24a, b) Anschlußstücke (27) zum Anschließen der Druckpumpe (28) aufweist.

19. Off-Shore-Windkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckpumpe (28) eine extern anschließbare Pumpe ist.

20. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Anschlußstück (27) unmittelbar unterhalb des Rotors (3) angeordnet ist.

21. Off-Shore-Windkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der horizontalen Achse von Turm (2)/Pfeiler (6) eine Manschette (16) zum wahlweise Fixieren und geführten Gleiten des Turmes angeordnet ist.

22. Off-Shore-Windkraftanlage nach Anspruch 21, da-

durch gekennzeichnet, daß die Manschette (16) gehalten ist durch eine Haltevorrichtung (13), bestehend aus Stützen (14) und Hilfsstützen (17).

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

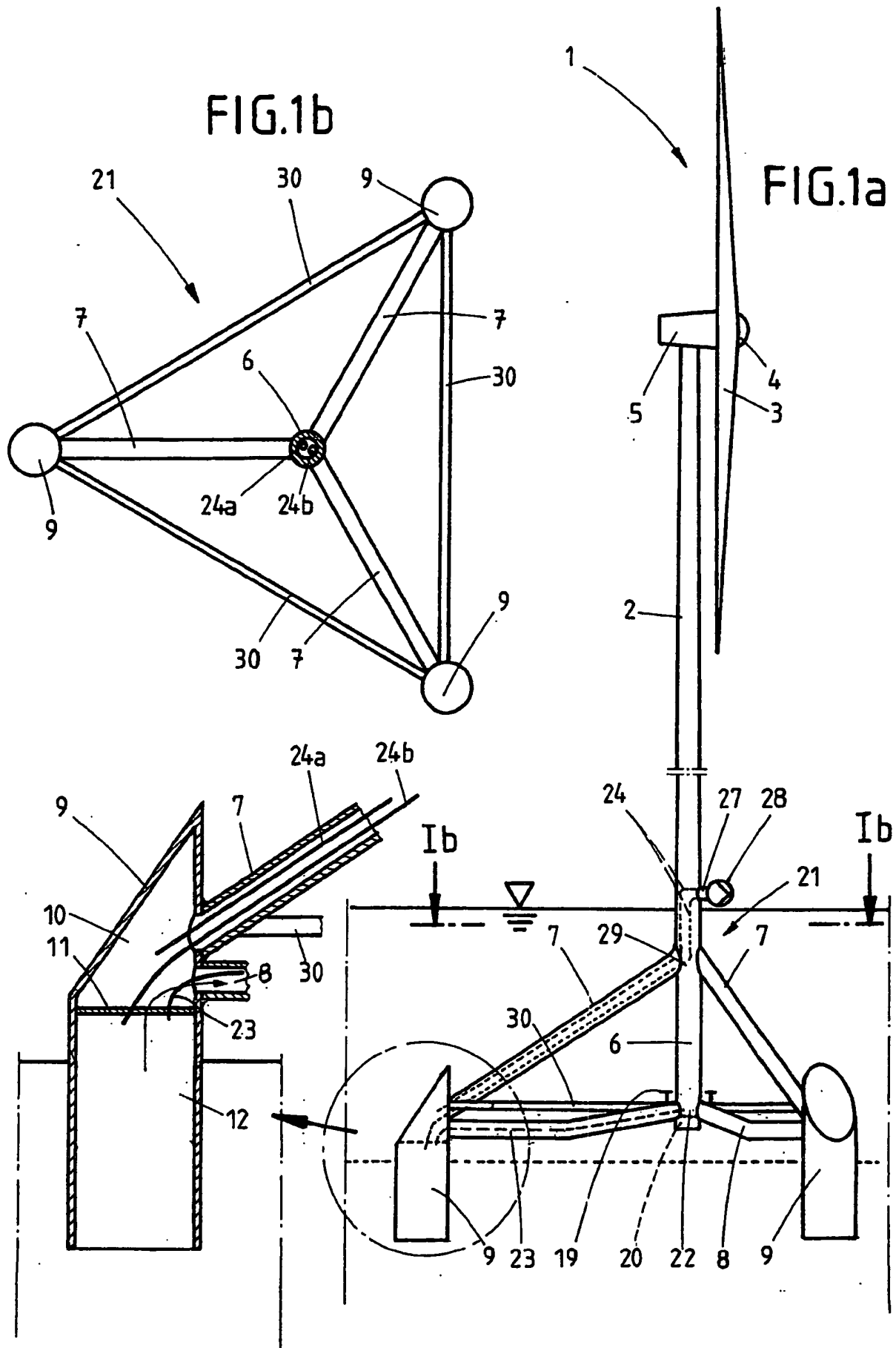


FIG. 2

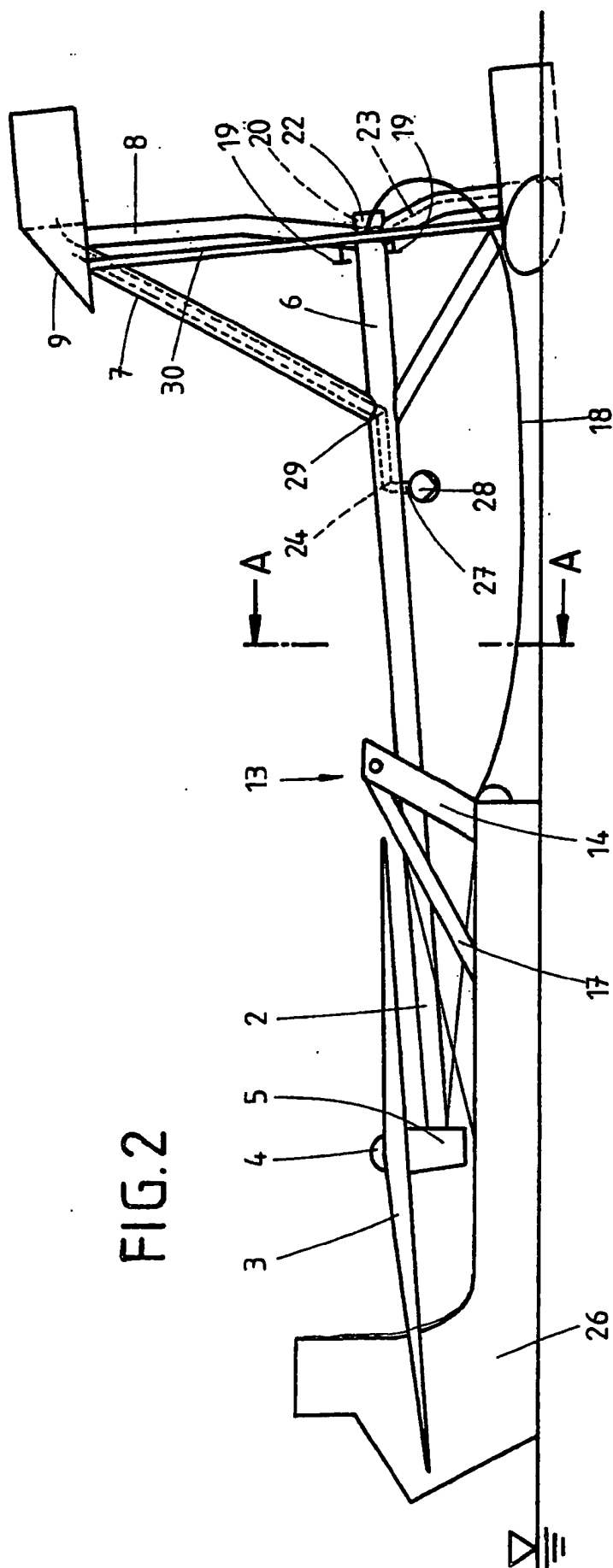


FIG. 3

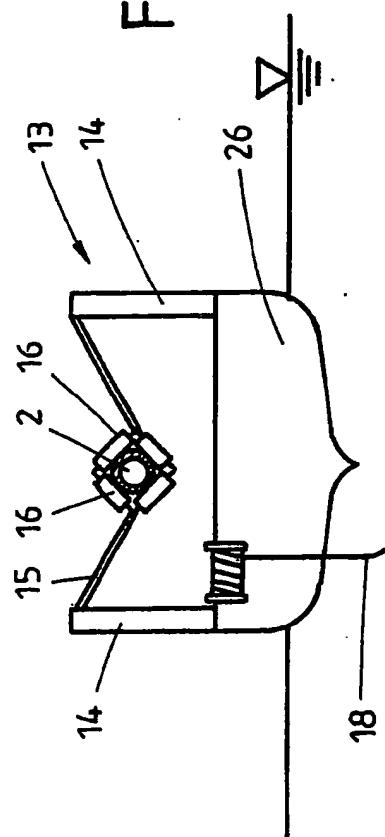


FIG. 4

